**浅谈程序设计竞赛的算法知识**

华东理工大学 罗勇军

2019.7.30

1. 程序设计竞赛的算法知识

ICPC、CCPC、Topcoder等竞赛，考核的算法知识包括：

* Ad Hoc，杂题
* Complete Search (Iterative/Recursive) ，搜索
* Divide and Conquer，分治法
* Greedy，贪心法
* Dynamic Programming，动态规划
* Graph，图论
* Mathematics，数学
* String Processing，字符串处理
* Computational Geometry，计算几何
* Some Harder/Rare Problems，罕见问题

一套好题目，能考核队员的五种能力：编码、计算思维、逻辑推理、算法知识、团队合作。

关于算法知识，有两点说明：

（1）算法知识很重要，不过并不是竞赛需要的全部能力，而只是一个“基础能力”。

做一个竞赛题，需要的能力是：（i）能建模出它用到什么算法；（ii）能把算法和题目需要的相关知识和逻辑结合起来；（iii）能用代码实现。这些能力，队员需要通过大量“刷题”进行经验积累才能获得。否则，就只会“纸上谈兵”。

（2）需要学那么多算法吗？将来工作能用到吗？

对于算法知识的学习，队员们常常有这样的疑惑：搞程序设计竞赛，学那么多算法没用。因为毕业后，工作中很少能遇到那些算法，在学校里还不如搞应用、搞项目来得“实在”。

对此，我认为可以这样回答：

（i）学了不一定用，但是一旦需要用，就会“书到用时方恨少”。

（ii）学习经典算法，可以塑造高级程序员特有的“气质”。一个知识，并不是一定要用到才去学它；看起来无用的东西也有“素质教育”的作用。经典算法，是计算机科学历史上凝练出来的完美结晶，队员在学习这些知识时所提升的“内力”，使他们在工作中能熟练地、本能地用计算思维来思考和解决问题。而且，在学习算法知识点的过程中，同时提高了计算思维、逻辑思维、编码能力等，这正是高级程序员需要的能力。

（iii）为从事更高级的工作做准备。竞赛队员是IT届的“精英”，应该对自己有更高的定位，将来要拿高薪、走上人生巅峰。比如毕业后读研读博，成为计算机科学家；或者像林晨曦、戴文渊、唐文斌那样创立杰出的人工智能公司。这都是需要掌握大量算法知识的。

（iv）不要把“学算法”与“做项目”对立起来。前者绝对能大大地助益后者；后者没有前者是无根之木。

2. 中国大陆赛区题目[[1]](#footnote-0)

2.1 ICPC和CCPC部分赛场题目

一场比赛约12题，按发奖情况可以分为铜牌、银牌、金牌题。它们用到的算法知识范围差别很大，铜牌和银牌用到的算法比较基础，而金牌会用到很复杂的算法。

下面的表格给出了最近几年现场赛题目涉及的知识点。

2017-ICPC中国大陆区域赛

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 赛区 | 铜牌题 | 银牌题 | 金牌题 |
| EC | JKM：签到  A：快速幂，费马小定理  B：贪心  C：贪心  L：博弈 | H：贪心+DP | D：枚举+剪枝  G：LCA  F： |
| BJ | E：模拟  F：模拟 | G：广搜+几何  H：最大子矩阵和（暴力优化）  J：区间DP | A：字典树  C：无向图询问互相到达的点，并查集  D：模拟  I：无向图染色，模拟 |
| QD | B：签到，暴力  I：DFS  J：后缀数组 | E：Polay计数+dfs找循环节 | A：  H：三维几何  K：最小费用流 |
| NN | A：签到  F：java大数，找规律  H：模拟  I：DFS暴力  J：思维  L：java大数 | E：记忆化搜索  M：二分图的最小顶点覆盖 | D：kmp  G：傅立叶变换 |
| SY | F：java大数  I：大数  K：贪心  L：DFS | G：bfs+剪枝  M：dfs+离散化 | A：BBP公式  B：图的割边+线段树+数据结构set  C：最大空凸包+DP  H：模拟暴搜 |
| XA | B：贪心+multiset  F：签到  H:贪心+线段树优化 | A：线段树+线性基  G：线段树，区间合并+去重  J：暴力+剪枝 | E  I  K：线段树、思维 |

2016-ICPC中国大陆区域赛题

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 赛区 | 铜牌题 | 银牌题 | 金牌题 |
| EC | A：找规律  D：二分法  E：java高精度  H：矩阵  L：枚举 | C：尺取法、剪枝  F：后缀数组 | B：枚举、临界判断、容斥、溢出处理  G：kruskal重构树+线段树合并+树上二分（倍增） |
| SY | A：签到  B：签到  C：矩阵快速幂  E：dfs | G：积分、二分  H：AC自动机+高斯消元+概率DP  I：树上斜率DP | J：bfs+线段树+分类讨论 |
| DL | A：搜索  D：GCD  F：贪心+逆元  G：树分治  H：签到  I：正弦面积公式  J：签到 | B：ShiftAnd字符串匹配算法  E：树状数组 | C：高精度威佐夫博弈  K：DP |

2015-ICPC中国大陆区域赛题

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 赛区 | 铜牌题 | 银牌题 | 金牌题 |
| EC | A：二分  D：签到  F：DP  L：枚举  M：讨论 | B：二分+暴力模拟  J：二分+贪心 | C：Manacher算法 |
| SH | F：签到  K：暴力  L：LCM、GCD  A：几何 | B：模拟  D：左偏树 | E：DP  G：讨论  I：几何、讨论 |
|  |  |  |  |
| SY | B：暴力剪枝  D：找规律（博弈论）  M：DP，容斥 | F：容斥 | G：二分模拟  I：二维树状数组 |
| CC | F：最长上升子序列  G：讨论  J：暴力或字典树  L：表面积 | H：完全背包 | E：计算几何  A：贪心，思维  B：积性函数+欧拉函数 |

CCPC区域赛

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 赛区 | 铜牌题 | 银牌题 | 金牌题 |
| 2018  JL | A：签到  B：模拟  C：暴力  D：概率DP  E：几何  F：找规律 | H：线段树  I：二分，排序 | G：连分数  J：  K：  L： |

3. 专题和知识点详细内容[[2]](#footnote-1)

下面用表格的形式列出了竞赛中用到的算法知识点，约300个。

本文作者估计，铜牌和银牌需要约200个知识点，其他的是金牌。

**注：**表格中的“典型题”，不一定是模板题，只作为进一步了解的参考。

3.1. 数学Mathematics

3.1.1数论Number Theory

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| GCD、LCM |  |  |  |
| 素数判断 |  | poj 2689 | 判断某个数是否为素数  计算区间内素数的个数 |
| 素数生成 | Prime Number Generation | hdu4548 | 筛Sieve  分段筛Segmented Sieve  欧拉筛法 |
| 分解质因数 |  | hdu6287 |  |
| 欧拉定理 | Euler Totient Theorem | hdu1395 |  |
| 费马小定理 | Fermat’s Theorem | hdu4704 | 逆元 |
| 扩展欧几里得算法 | Extended Euclid | hdu1576 | 求ax+by=gcd的解以及逆元 |
| 逆元 | Inverse |  | 扩展欧几里得、欧拉函数 |
| 随机素数测试和大数分解 |  | poj 1811 |  |
| 高斯消元 | Gaussian elimination | hdu5755 | 浮点数  高斯消元求方程组的解 |
| 模线性方程组 |  | hdu3797 |  |
| 佩尔方程 | Pell's equation | hdu 3292 |  |
| 整数拆分 | Integer Factorization | hdu 4651/4658 |  |
| 求AB的约数之和对MOD去模 |  | poj 1845 |  |
| 大步小步算法 | Baby-Step Giant-Step | POJ 2417,3243 |  |
| 斐波那契数列取模 |  | hdu1021 | 循环节 |
| 原根 |  | HDU4992 |  |
| 快速数论变换 |  | HDU4656卷积取模 |  |
| 线性丢番图方程 | Linear Diophantine Equations |  |  |
| 模运算 | Modulus Arithmetic |  |  |
| 卢卡斯定理 | Lucas Theorem | hdu5226 |  |
| 中国剩余定理 | Chinese Remainder Theorem | hdu3430 |  |
| 威尔逊定理 | Wilson Theorem | hdu5391 |  |
| 米勒-罗宾随机素性测试 | Miller - Rabin Primality Testing | hdu4910 |  |
| 完全数 | Perfect Numbers | hdu2683 |  |
| 哥德巴赫猜想 | Goldbach Conjecture | hdu1397 |  |
| 连分数 | Continued fraction | hdu4188 |  |

3.1.2概率Probability

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 基本概率和条件概率 | Basic Probability and Conditional Probability | hdu1204 |  |
| 随机变量 | Random Variables | hdu1145 |  |
| 概率生成函数 | Probability Generating Functions |  |  |
| 期望 | Expectation | hdu5984 |  |
| 概率分布 | Probability Distribution | poj3716 | Binomial, Poisson, Normal,Bernoulli |

3.1.3组合数学Counting

特殊计数Special Numbers  [Stirling,Fibonacci,Catalan, Eulerian, Harmonic, Bernoulli]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 容斥原理  鸽巢原理  乘法原理 | Inclusion Exclusion  Pigeonhole principle | hdu2204  hdu1205  hdu5525 |  |
| stirling数 |  | hdu4372 |  |
| Catalan数 |  | hdu5673 |  |
| 斐波拉契数 |  | hdu1316 |  |
| Polya计数 | Polya Counting | hdu3547 |  |
| 莫比乌斯反演 | MoBius inversion | hdu5382 |  |
| 母函数 | Generating function | hdu2082/2065 | 普通型、指数型 |
| 调和级数 | harmonic number | poj1003 |  |
| 幻方 | Magic Square | hdu 3927 |  |
| N皇后 |  | hdu2553 |  |

3.1.4线性代数Linear Algebra

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 矩阵的加减 | Addition And Subtraction Of Matrices | hdu3521 |  |
| 矩阵变换 | Matrix Transformations | hdu5671 |  |
| 矩阵的行列式、秩和逆 | Determinant , Rank and Inverse Of Matrix | hdu5852 |  |
| 线性方程组的求解 | Solving System Of Linear Equations |  |  |
| 矩阵求幂 | Matrix Exponentiation | hdu1757 |  |
| 特征值和特征向量 | Eigenvalues And Eigen vector |  |  |
| 多项式的根 | Roots of a polynomial | hdu1296 |  |
| 拉格朗日插值 | Lagrange Interpolation | hdu6253 |  |
| 线性基 |  | hdu3949 |  |

3.1.5组合游戏（博弈论）Game Theory

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 尼姆游戏 | Nim game | hdu2176 |  |
| P-position、N-position |  |  |  |
| 图游戏与SG函数 | sprague-Grundy 函数 | hdu3023 |  |
| Hackenbush游戏 |  | hdu3197 |  |
| 威佐夫游戏 | Wythoff’s game | hdu2177 |  |

3.1.6群论Group Theory

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 伯恩赛德引理 | Burnside's lemma | hdu4633 |  |
| 波利亚定理 | Polya's Theorem | hdu3547 |  |
| 拉格朗日定理 |  |  |  |

3.1.7 高精度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 大数加减乘除 |  | Hdu1042  HDU 1134 求卡特兰数 |  |
| 大数取模 |  |  |  |
| 高精度阶乘 |  |  |  |
| 高精度幂 |  |  |  |
| 高精度进制转换 |  |  |  |
| FFT高精度乘法 |  |  |  |
| java高精度 |  |  |  |

3.1.8 计算方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 快速傅立叶变换 | FFT | hdu 4609 |  |
| 迭代法 |  | hdu3809 |  |
| 三分法 |  | hdu2899 |  |
| 定积分计算 |  | hdu1071 |  |
| 自适应simpson积分 |  | hdu 1724 |  |

3.2. 数据结构Data Structures

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 数组 | Arrays |  |  |
| 链表 | Linked List |  |  |
| 栈 | Stacks | Hdu1237 | 手动栈 |
| 队列 | Queues |  |  |
| 优先队列、双端队列 |  | Hdu1896 |  |
| 第k大元素 |  | Hdu4006 |  |
| 块状链表 |  | Hdu5193 |  |
| 堆 | Heap | Hdu1280 |  |
| 哈希表、哈希数组 | Hash Tables | Hdu1880 |  |
| 逆序对 |  | Hdu4911 |  |
| 跳跃表 | Skip List | Hdu5266 |  |
| 并查集 | Disjoint-Set | Hdu1182 |  |
| 字典树 | Trie | hdu2072 |  |
| 线段树 | Segment Tree | 一维Hdu1540  二维Poj1195 | 一维、二维 |
| 周长并 |  | Hdu1828 |  |
| LCA |  | Hdu2586 |  |
| 莫队算法 |  | hdu5145 | 解决一类静态，离线区间查询问题 |
| 树状数组 | Binary Index Tree | Hdu2852  N维树状数组  Hdu3584 |  |
| 树 | Trees |  |  |
| 二叉树 | Binary Tree | hdu5444 |  |
| 平衡二叉树 | balanced binary tree | poj 2828 |  |
| 二叉排序树 |  | Hdu3791 |  |
| 二叉搜索树 | Binary Search Tree | Hdu3791 |  |
| Treap树 |  | Hdu4099  Poj 2985 | 静态建树、动态建树 |
| 伸展树 | splay tree | HDU1890、3726、4453  poj 2892 |  |
| 笛卡尔树 |  | Hdu4095 |  |
| 划分树 |  | hdu44717 | 查询区间第 k 大 |
| 表达式树 |  | hdu1805 |  |
| RMQ | Range Minimum/Maximum Query | Hdu3183 | 一维RMQ、二维RMQ |
| 树链剖分 |  | hdu3966 | 点权、边权 |
| 动态树 | LCT（link-cut-tree） | hdu5002 |  |
| 左偏堆 |  | Hdu1512 |  |
| 可并堆 |  | Hdu1512 |  |
| 主席树 |  | ZOJ 2112 | 查询区间多少个不同的数、静态区间第 k 大POJ2104、树上路径点权第 k 大、动态第 k 大 |
| KD 树 | K-demension tree | HDU4347 | K 近邻，模板题，求出最近的 K 个点 |
| 替罪羊树 | ScapeGoat Tree | poj1442 |  |
| 动态 KD 树 |  | hdu5992 | 结合了 KD 树和替罪羊树 |
| 树套树 |  | hdu5412 |  |

3.3. 搜索Searching与排序

3.3.1搜索

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 子集生成 |  | hdu1584 |  |
| 线性搜索 | Linear Search |  |  |
| 折半检索 | Binary Search |  |  |
| 三分搜索 | Ternary Search | hdu2899 |  |
| BFS |  |  |  |
| 双向广搜 |  | Hdu1401 |  |
| 广搜的状态优化 |  | Hdu5025 |  |
| A\*算法 |  | hdu1043 |  |
| DFS |  |  |  |
| 回溯、剪枝 |  | Hdu1010 |  |
| 深搜的优化 |  | Hdu2084 |  |
| 记忆化搜索 |  | Hdu2602 |  |
| IDA\*算法 |  | hdu4127 |  |
| 位运算 |  | Hdu3711 |  |
| 按位压缩存储状态 |  | Hdu5025 |  |
| 极大极小 |  | hdu3683 |  |
| 利用M进制数存储状态 |  | Hdu4267 |  |
| 舞蹈链 | Dancing Links | Poj2676 |  |

3.3.2. 排序Sorting

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 选择排序 | Selection Sort |  |  |
| 冒泡排序 | Bubble Sort |  |  |
| 插入排序 | Insertion Sort |  |  |
| 归并排序 | Merge Sort |  |  |
| 快速排序 | Quick Sort |  |  |
|  | Quick Select |  | 脱胎于快排 |
| 堆排序 | Heap Sort | hdu1280 |  |
| 计数排序 | Counting Sort | hdu1425 |  |
| 基数排序 | Radix Sort | Hdu1280 |  |
| 桶排序 |  | Uva340 |  |

3.4.贪心 Greedy

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 常见问题 |  |  |  |
| 哈夫曼树 |  | Hdu2527 |  |
| 模拟退火算法 |  | hdu3007 | 结合概率 |
| prim算法 |  | hdu1102 |  |
| kruskal算法 |  | hdu1863 |  |
| Dijkstra算法 |  | hdu2066 |  |

3.5. 分治Divide & Conquer

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 最近点对 | Closest Pair Points | hdu1007 |  |
| 归并排序 | Merge Sort |  |  |
| 快速排序 | Quick Sort |  |  |
| CDQ分治 |  | hdu4456、4742 | 二维偏序问题  三维偏序问题 |

3.6. 动态规划

3.6.1 经典问题Dynamic Programming Classical Problems

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 编辑距离 | Edit Distance | hdu4323 |  |
| 扔鸡蛋问题 | Egg Dropping Puzzle | poj3783 |  |
| 整数背包 | Integer Knapsack | Hdu2602 |  |
| 最大独立集 | Largest Independent Set | hdu2458 |  |
| 最长公共子序列 | Longest Common Subsequence | hdu1243 |  |
| 最长公共递增子序列 |  | Hdu1423 |  |
| 最长公共子串 | Longest Common Substring | hdu1238 |  |
| 最长上升子序列 | Longest Increasing Subsequence | hdu1257 |  |
| 最长回文子序列 | Longest Palindromic Subsequence | hdu4745 |  |
| 最长回文子串 | Longest Palindromic Substring | hdu3294 |  |
| 最长不重复子字符串 | Longest Substring Without Repeating Character | hdu2668 |  |
| 矩阵链乘 | Matrix Chain Multiplication | hdu4686 |  |
| 最大正方形子矩阵 | Max Size Square Submatrix | hdu4846 |  |
| 最长链对 | Maximum Length Chain Pairs |  |  |
| 最大递增子序列和 | Maximum Sum Increasing Subsequence | hdu1087 |  |
| 最优二叉搜索树 | Optimal Binary Search Tree | hdu3791 |  |
| 回文分割 | Palindrome Partition Problem | hdu3613 |  |
|  | Set Partition Problem |  |  |
|  | Subset Sum |  |  |
|  | Word Wrap Problem |  |  |
| 最大两段子段和 |  | Hdu2845 |  |
| 最大M子段和 |  | Hdu1024 |  |
| 最长有序子序列 |  | Hdu1160 |  |

3.6.2 高级DP 技术Dynamic Programming  Advanced Techniques

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 数位dp |  | Hdu2089 |  |
| 插头dp |  | Ural1519、hdu4285 |  |
| 树型dp |  | Hdu1520 |  |
| 区间dp |  | Hdu4293 |  |
| 平行四边形优化 |  | Poj1160 |  |
| 状压DP |  | hdu6321 |  |
| 概率DP |  | hdu3276 |  |
| 斯坦那树 |  | hdu4085 |  |

3.7. 字符串 string algorithm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| kmp |  | Poj3167、3690 |  |
| 扩展kmp |  | Hdu4763 |  |
| 后缀数组 | Suffix array | Hdu1403、5769 |  |
| 后缀树 | Suffix tree | hdu3518 |  |
| AC自动机 | Aho-Corasick | hdu2222、4787 |  |
| 后缀自动机 |  | hdu5558 |  |
| 回文串 |  | Hdu4632 | Manacher |
| 确定有穷自动机 | DFA | Hdu3065 |  |
| 字符串hash |  | hdu4622 |  |

3.8. 图论Graphs

3.8.1 图的存储Graph Representation

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 邻接矩阵 | Adjacency Matrix |  |  |
| 关联矩阵 | Incidence Matrix |  |  |
| 邻接表 | Adjacency List |  |  |
| 链式前向星 |  |  |  |

3.8.2 图的类型Graph Types

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 有向 | Directed |  |  |
| 无向 | Undirected |  |  |
| 有权 | Weighted |  |  |
| 无权 | Unweighted |  |  |
| 有向无环图 | Directed Acyclic Graph(DAG) |  |  |
| 哈密顿图 | Hamilton | hdu5424 |  |
| 欧拉图 | Euler | hdu5883 |  |

3.8.3 基于DFS的图算法 DFS & It’s Application

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 判圈 | Cycle Detection |  |  |
| 割点  割边 | Articulation Points |  |  |
| 桥 | Bridges | hdu4738 |  |
| 边双连通分量 | Biconnectivity in Graph | hdu4612 |  |
| 点双连通分量 |  | hdu3394 |  |
| 强连通分量 | Strongly Connected Component |  |  |
| 有向图的强连通分量 | Tarjan算法  Kosaraju算法 | hdu5934  hdu1296 |  |
| 拓扑排序 | Topological Sorting | hdu2647 |  |
| 二分图判定 | Bipartite Checking | hdu4751 |  |
| 2-SAT |  | hdu4115 |  |

3.8.4基于BFS的图算法BFS & It’s Application

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 最短路径 | Shortest Path (No. Of Edges) |  | 无权图 |
| 二分图判定 | Bipartite Checking |  |  |
| 连通分量 | Connected Components |  |  |

3.8.5最小生成树Minimum Spanning Tree

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| Prim’s Algorithm |  |  |  |
| Kruskal Algorithm |  |  |  |
| 次小生成树 |  | hdu4081 |  |
| 曼哈顿最小生成树 |  | poj3241 |  |

3.8.6单源最短路算法Single Source Shortest-Path

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| Dijkstra(堆优化) |  | hdu2860 |  |
| Bellman Ford |  | hdu1317 |  |
| SPFA |  | hdu2112 |  |
| 差分约束系统 |  | hdu1531 |  |

3.8.7多源最短路All pair Shortest Path

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| Floyd | Floyd Warshall’s Algorithm | hdu4114 |  |

3.8.8欧拉路Euler Tour（有向图、无向图、混合图）

3.8.9最大流Flow

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| Ford-Fulkerson |  | hdu3549 |  |
| Edmonds-Karp |  | hdu1532 |  |
| 最小费用最大流 | Min Cost - Max Flow | hdu3488 | SPFA 版费用流 |
| 最小割 | Stoer Wagner Min-Cut | poj2914 |  |
| ISAP |  | hdu3549 |  |
| dinic | Dinic's Algorithm | hdu4975 |  |

3.8.10 其他问题

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 最小树形图 |  | hdu2121 |  |
| 二分图匹配 |  | Hdu3729 | 无权图：匈牙利算法  带权图：KM算法、Hopcroft-Karp 算法 |
| 二分图多重匹配 |  | hdu3605 |  |
| 最小路径覆盖问题 |  | hdu1511 |  |
| LCA |  | hdu2586 | dfs+ST 在线算法、离线 Tarjan 算法、LCA 倍增法 |
| 树分治 |  | 点分治HDU5016  点分治HDU4918  链分治HDU5039 |  |
| 生成树计数 |  | hdu4305 |  |

3.9. 计算几何Computational Geometry

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识点 | 英文 | 典型题 | 说明 |
| 二维基本模板 |  |  | 点和向量；点积；叉积；点和线的关系；多边形；三角形内心、外心、重心、垂心；费马点；面积、周长、体积公式；判点在多边形、多面体内外；三角剖分；梯形剖分；多边形重心、多边形切割；多面体体积；坐标旋转 |
| 凸包 |  | hdu1392 |  |
| 最近点对 |  | hdu4631 |  |
| 旋转卡壳 |  | hdu2202 | 对踵点 |
| 半平面交 |  | hdu5462 |  |
| 最小圆覆盖 |  | hdu3007 |  |
| 三维模板 |  |  | 三维点和向量、三维点积、三维叉积 |
| 最小球覆盖 |  | poj2069 |  |
| 三维凸包 |  | hdu4266 |  |

3.10. STL

vector、stack、queue、list、set、map、sort()等。

1. 中国大陆ICPC、CCPC历史榜单汇总： [http://acm.sdut.edu.cn/acmss/#](http://acm.sdut.edu.cn/acmss/)

   ICPC题目档案：

   <https://icpcarchive.ecs.baylor.edu/index.php?option=com_onlinejudge&Itemid=8&category=0> [↑](#footnote-ref-0)
2. 在罗勇军的《算法竞赛入门到进阶》这本书中，按上述专题给出了100多个知识点的讲解，差不多是铜牌题目用到的知识点。 [↑](#footnote-ref-1)